



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 08091240 A

(43) Date of publication of application: 09 . 04 . 96

(51) Int. CI

B62D 6/00

B62D 5/04

H02P 7/29

// B60R 16/02

B62D101:00

B62D119:00

(21) Application number: **06252711**

(22) Date of filing: 22 . 09 . 94

(71) Applicant: **NIPPON SEIKO KK**

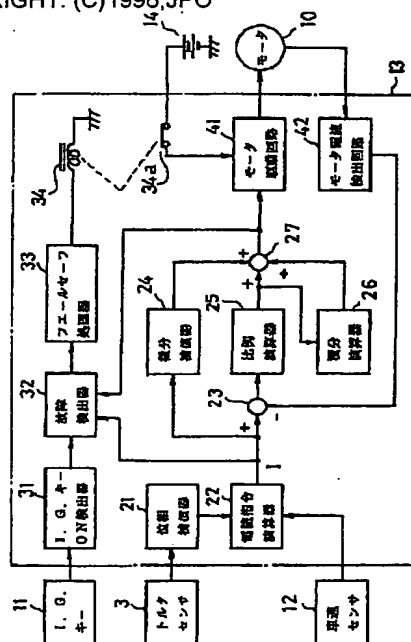
(72) Inventor: **KAWADA HIDEAKI**
ENDO SHUJI
KANO HIROYUKI
KOIWAJ HISAYOSHI

(54) CONTROL DEVICE FOR MOTOR DRIVEN POWER STEERING DEVICE

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a control device for a motor driven power steering device, which can detect the failure of a motor current detection circuit.

CONSTITUTION: A motor current command value I is applied to a feedback control circuit for the specified period of time T with an ignition key turned on, and current thereby flows to a motor. A motor current value (i) detected by a motor current detector 42 at a time when the specified period of time T0 ($T_0 < T$) has elapsed, is inputted into the comparator 23 of the feedback control circuit. A failure detector 32 compares the estimated value D_s of a duty ratio for a PWM signal estimated based on the motor current command value I with the actually measured value of a duty ratio for a PWM signal outputted from the adder 27 of the feedback control circuit to which the motor current detected value (i) has been feedback. As the result of comparison, when an absolute value of its difference is larger than a specified allowable value ΔD , it is thereby judged that the motor current detector 42 has failed.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3284786号

(P3284786)

(45) 発行日 平成14年 5 月20日 (2002. 5. 20)

(24) 登録日 平成14年 3 月 8 日 (2002. 3. 8)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

B 6 2 D 6/00

B 6 2 D 6/00

5/04

5/04

H 0 2 P 7/29

H 0 2 P 7/29

D

// B 6 0 R 16/02

6 5 0

B 6 0 R 16/02

6 5 0 J

B 6 2 D 101:00

B 6 2 D 101:00

請求項の数 2 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平6-252711

(22) 出願日

平成 6 年 9 月22日 (1994. 9. 22)

(65) 公開番号

特開平8-91240

(43) 公開日

平成 8 年 4 月 9 日 (1996. 4. 9)

審査請求日

平成12年 5 月18日 (2000. 5. 18)

(73) 特許権者

000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号

(72) 発明者

川田 秀明

群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内

(72) 発明者

遠藤 修司

群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内

(72) 発明者

狩野 広之

群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内

(74) 代理人

100092299

弁理士 貞重 和生

審査官

大谷 謙仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置の制御装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくともステアリングシャフトに発生する操舵トルク信号に基づいてステアリング機構に操舵補助力を与えるモータの出力を制御する制御手段を備えた電動パワーステアリング装置の制御装置において、モータ電流検出手段を備え、前記制御手段は、電流フィードバック回路の時定数よりも十分に大きく、且つモータの機械的時定数よりも十分に小さい所定の時間だけモータ電流指令値を設定してモータ電流を流し、その時のバッテリー電圧の変動を補正した電流制御値の予測値と、モータ電流検出手段により検出した定常状態におけるモータ電流値に基づくモータ電流制御値の実測値とを比較することにより前記モータ電流検出手段の故障を判定することを特徴とする電動パワーステアリング装置の制御装置。

2

【請求項 2】 前記設定される電流指令値は、ステアリング機構の静止摩擦トルクに対応する電流値以下であることを特徴とする請求項 1 記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、電動パワーステアリング装置の制御装置に関し、特にそのモータ電流検出手段の故障を検出できる電動パワーステアリング装置の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 車両用の電動パワーステアリング装置は、操向ハンドルの操作によりステアリングシャフトに発生する操舵トルクと車速を検出し、その検出信号に基づいてモータを駆動して操向ハンドルの操舵力を補助す

るものである。このような電動式パワーステアリング装置の制御は電子制御回路で実行されるが、その制御の概要は、トルクセンサで検出された操舵トルクと車速センサで検出された車速に基づいてモータに供給すべき電流の大きさを演算し、その演算結果に基づいてモータに供給する電流を制御する。

【0003】即ち、電子制御回路は、操向ハンドルが操作されて操舵トルクが発生しているときに、検出された車速が零あるいは低速の場合は大きな操舵補助力を供給し、検出された車速が速い場合は小さな操舵補助力を供給するように操向ハンドルの操舵力と車速に応じてモータに供給する電流を制御することで、走行状態に応じた最適の操舵補助力を与えることができるものである。

【0004】この種の装置では、実際にモータに流れる電流が、操舵トルクや車速に基づいて演算されたモータ電流の制御目標値に一致するようにフィードバック制御を行なっており、このためにモータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段を備えている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記したモータ電流検出手段が故障した場合は正確なモータ電流を測定することができず、この結果、必要以上の電流がモータに流れて過大な操舵補助力を供給したり、或いはモータに必要なだけの電流が流れず、十分な操舵補助力を供給できないという不都合が発生することになる。

【0006】さらに、モータに電流を流してモータ電流検出手段の動作を確認するときにモータが回転してしまったり、モータ軸とステアリング機構が結合している状態では操向ハンドルが回転してしまい、不測の事故が発生するおそれがある。この発明は、上記課題を解決することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は上記課題を解決するもので、少なくともステアリングシャフトに発生する操舵トルク信号に基づいてステアリング機構に操舵補助力を与えるモータの出力を制御する制御手段を備えた電動パワーステアリング装置の制御装置において、モータ電流検出手段を備え、前記制御手段は、電流フィードバック回路の時定数よりも十分に大きく、且つモータの機械的時定数よりも十分に小さい所定の時間だけモータ電流指令値を設定してモータ電流を流し、その時のバッテリー電圧の変動を補正した電流制御値の予測値と、モータ電流検出手段により検出した定常状態におけるモータ電流値に基づくモータ電流制御値の実測値とを比較することにより前記モータ電流検出手段の故障を判定することとを特徴とする。

【0008】そして、前記設定される電流指令値は、ステアリング機構の静止摩擦トルクに対応する電流値以下に設定するとよい。

【0009】

【作用】電流フィードバック回路の時定数 T_f よりも十分に大きく、且つモータの機械的時定数 T_m よりも十分に小さい所定の時間 T ($T_f < T < T_m$) だけモータ電流指令値を設定してモータ電流を流し、モータの角速度 ω が殆ど零、即ちモータが殆ど回転しない状態で、その時のバッテリー電圧の変動を補正した電流制御値の予測値と、モータ電流検出手段により検出した定常状態におけるモータ電流値に基づくモータ電流制御値の実測値とを比較し、その差が所定値を越えているとき、モータ電流検出手段の故障と判定する。このとき、設定される電流指令値をステアリング機構の静止摩擦トルクに対応する電流値以下に設定すれば、モータが回転しない条件を完全に満たすことができる。

【0010】

【実施例】以下、この発明の実施例について説明する。図1は、この発明を実施するに適した電動パワーステアリング装置の構成の概略を説明する図で、操向ハンドル1の軸2は減速ギア4、ユニバーサルジョイント5a、5b、ピニオンラック機構7を経て操向車輪のタイロッド8に結合されている。軸2には操向ハンドル1の操舵トルクを検出するトルクセンサ3が設けられており、また、操舵力を補助するモータ10がクラッチ9、減速ギア4を介して軸2に結合している。

【0011】パワーステアリング装置を制御する電子制御回路13は、バッテリー14からイグニッションキー11を経て電力が供給される。電子制御回路13は、トルクセンサ3で検出された操舵トルクと車速センサ12で検出された車速に基づいて電流指令演算を行い、演算された電流指令値に基づいてモータ10に供給する電流 i を制御する。

【0012】クラッチ9は電子制御回路13により制御される。クラッチ9は通常の動作状態では結合しており、電子制御回路13によりパワーステアリング装置の故障と判断された時、及び電源がOFFとなつている時に切離される。

【0013】図2は、電子制御回路13のブロック図である。この実施例では電子制御回路13は主としてCPUから構成されるが、ここではそのCPU内部においてプログラムで実行される機能を示してある。例えば、位相補償器21は独立したハードウェアとしての位相補償器21を示すものではなく、CPUで実行される位相補償機能を示す。なお、電子制御回路13をCPUで構成せず、これらの機能要素をそれぞれ独立したハードウェア（電子回路）で構成できることは言うまでもない。

【0014】以下、電子制御回路13の機能と動作を説明する。トルクセンサ3から入力された操舵トルク信号は、位相補償器21で操舵系の安定を高めるために位相補償され、電流指令演算器22に入力される。また、車速センサ12で検出された車速も電流指令演算器22に入力される。

【0015】電流指令演算器22は、入力されたトルク信号と車速信号に基づいて所定の演算式によりモータ10に供給する電流の制御目標値である電流指令値Iを決定する。

【0016】比較器23、微分補償器24、比例演算器25及び積分演算器26から構成される回路は、実際のモータ電流値iが電流指令値Iに一致するようにフィードバック制御を行う回路である。

【0017】比例演算器25では、電流指令値Iと実際のモータ電流値iとの差に比例した比例値が出力される。さらに比例演算器25の出力信号はフィードバック系の特性を改善するため積分演算器26において積分され、差の積分値の比例値が出力される。

【0018】微分補償器24では、電流指令演算器22で演算された電流指令値Iに対する実際にモータに流れるモータ電流値iの応答速度を高めるため、電流指令値Iの微分値が出力される。

【0019】微分補償器24から出力された電流指令値Iの微分値、比例演算器25から出力された電流指令値と実際のモータ電流値との差に比例した比例値、及び積分演算器26から出力された積分値は、加算器27において加算演算され、演算結果である電流制御値がモータ駆動信号としてモータ駆動回路41に出力される。

【0020】図3にモータ駆動回路41の構成の一例を示す。モータ駆動回路41は加算器27から入力された電流制御値をPWM信号と電流方向信号とに分離変換する変換部44、FET1～FET4、及びそれ等のゲートを開閉駆動するFETゲート駆動回路45等からなる。なお、昇圧電源46はFET1、FET2のハイサイド側を駆動する電源である。

【0021】PWM信号（パルス幅変調信号）は、Hブリッジ接続されたFET（電界効果トランジスタ）スイッチング素子FET1～FET2のゲートを駆動する信号で、加算器27において演算された電流制御値の絶対値によりPWM信号のデューティ比（FETのゲートをON/OFFする時間比）が決定される。

【0022】電流方向信号は、モータに供給する電流の方向を指示する信号で、加算器27において演算された電流制御値の符号（正負）により決定される信号である。

【0023】FET1とFET2は前記したPWM信号のデューティ比に基づいてゲートがON/OFFされるスイッチング素子で、モータに流れる電流の大きさを制御するためのスイッチング素子である。また、FET3とFET4は前記した電流方向信号に基づいてゲートがON或いはOFFされる（一方がONの時、他方はOFFとなる）スイッチング素子で、モータに流れる電流の方向、即ちモータの回転方向を切り換えるスイッチング素子である。

【0024】FET3が導通状態にあるときは、電流は

FET1、モータ10、FET3、抵抗R1を経て流れ、モータ10に正方向の電流が流れる。また、FET4が導通状態にあるときは、電流はFET2、モータ10、FET4、抵抗R2を経て流れ、モータ10に負方向の電流が流れる。

【0025】モータ電流検出回路42は、抵抗R1の両端における電圧降下に基づいて正方向電流の大きさを検出し、また、抵抗R2の両端における電圧降下に基づいて負方向電流の大きさを検出する。検出された実際のモータ電流値は比較器23にフィードバックして入力される（図2参照）。

【0026】以上説明した電子制御回路は、操舵ハンドルが操作されて操舵トルクが発生しているときに、検出された操舵トルクが大きく、また検出された車速が零あるいは低速の場合は電流指令値Iを大きく設定し、検出された操舵トルクが小さく、また検出された車速が速い場合は電流指令値Iを小さく設定するから、走行状態に応じた最適の操舵補助力を与えることができる。

【0027】次に、この発明によるモータ電流検出手段の故障の判定、及び検出結果に基づくフェールセーフ処理について説明する。

【0028】まず、その原理を説明する。モータの機械的時定数 T_m はモータの慣性モーメント J をモータの粘性抵抗 B で割った値で、 $T_m = J/B$ で表され、また、モータの電気的時定数 T_e はモータのインダクタンス L をモータの抵抗 R で割った値で、 $T_e = L/R$ で表される。また、電流フィードバック制御系の時定数 T_f はモータの電気的時定数 T_e よりも小さいから、モータの機械的時定数 T_m 、モータの電気的時定数 T_e 、及び電流フィードバック制御系の時定数 T_f の間には、 $T_f < T_e < T_m$ の関係がある。

【0029】今、モータの機械的時定数 T_m よりも十分に小さく、電流フィードバック制御系の時定数 T_f よりも十分に大きい時間 T を設定し（ $T_f < T < T_m$ ）、時間 T だけステップ状のモータ電流指令値 I を与える場合、モータ電流 i の実測値とモータの角速度 ω の過渡特性、及びモータ電流を検出するサンプリング時期を図4により説明する。

【0030】即ち、まず、図4（a）はモータ電流指令値 I を与える時間を示すもので、時間 T だけステップ状のモータ電流指令値 I を与えることを示している。

【0031】また、図4（b）はモータ電流 i の実測値と時間の関係を示すもので、モータ電流指令値 I が与えられてモータ電流が流れ始めると、モータ電流は早い時期に立上がり、定常電流 i が流れることを示している。

【0032】図4（c）はモータの角速度 ω と時間の関係を示すもので、モータ電流指令値 I が与えられてモータ電流が流れ始めても、時間 T の範囲ではモータ角速度 ω は殆ど零、即ちモータは殆ど回転しないことを示して

いる。更に、モータ電流指令値 I の値を、ステアリング機構の静止摩擦トルクに対応した値以下になるようにモータ印加電圧を設定すれば、モータが回転しないという条件を完全に満たすことができる。

【0033】また、図4(d)はモータ電流検出手段の故障の判定のためにモータ電流を検出するサンプリング時期を示すもので、モータ電流指令値 I を与えた後、モータ電流が定常電流となり、且つモータが殆ど回転していない時期である T_0 時間後からサンプリングを開始することを示している。

【0034】モータの機械的時定数 T_m は大きく、また電流フィードバック制御系の時定数 T_f はモータの電気的時定数 T_e よりも十分に小さいから、上記時間幅 T は、

$$T_f \ll T \ll T_m$$

の関係にあり、電流フィードバック制御を行わない場合の設定可能な時間幅よりも広いから、最適の時間幅 T を設定することができる。

【0035】図5(a)はこの発明のフィードバック制御系の構成要素を伝達関数で表したブロック線図であり、 I は電流指令値、 i は実際のモータ電流、 ω はモータの角速度である。また、要素 a は比例演算器、積分演算器で構成された制御器 P 、要素 b はモータの電気的特性（モータのインダクタンスを L 、内部抵抗を R とする）、要素 c はモータのトルク定数 K_t 、要素 d はモータの機械的特性（モータの慣性モーメントを J 、粘性抵抗を B とする）、要素 e はモータの逆起電力定数 K_e を表す。なお、 s はラプラス演算子である。

【0036】前記した図5(a)のフィードバック制御系のブロック線図を等価変換し、制御器 P を適宜調整することにより、図5(a)のフィードバック制御系のブロック線図は図5(b)のブロック線図のように近似的な線図に書き直すことができる。ここで、 T_f は電流フィードバック回路の時定数である。

【0037】図5(b)のブロック線図によれば、電流指令値 I と実際のモータ電流 i の関係は以下の式(1)で表すことができる。

【0038】

【数1】

$$T_f \cdot \frac{d}{dt} i + i = I \text{ ----- (1)}$$

図4(a)に示すように、モータに対して、電流フィードバック制御系の時定数 T_f よりも大きく、モータの機械的時定数 T_m よりも小さい時間 T だけ、電流指令値 I をステップ状に印加すると、モータ電流 i の実測値とモータの角速度 ω の応答特性は、それぞれ図4(b)及び図4(c)に示す特性を示すから、時間 T が経過するよりも早い時間 T_0 が経過した時点では、モータの角速度 ω 、及びモータ電流 i の実測値の微分値は、それぞれ以

下の式(2)、及び式(3)で表すことができ、その値は近似的に零である。

【0039】

【数2】

$$\omega \approx 0 \text{ ----- (2)}$$

【0040】

【数3】

$$\frac{d}{dt} i \approx 0 \text{ ----- (3)}$$

したがって、電流指令値 I とモータ電流の実測値 i の関係は、式(1)及び式(3)から、以下の式(4)で表すことができる。

【0041】

【数4】

$$i = I \text{ ----- (4)}$$

このように、時間 T_0 が経過した時点ではモータ電流 i は定常値となり電流指令値 I と一致する。

【0042】このように、時間 T_0 が経過した時点ではモータ電流値 i は定常値となるので、モータを駆動する電流制御値であるPWM信号のデューティ比もバッテリー電圧の変動が補正された定常値となる。したがって、電流指令値 I に基づいて予測したモータを駆動する電流制御値であるPWM信号のデューティ比の予測値 D 、と、実際にモータ電流 i が流れたときのモータを駆動するPWM信号のデューティ比の実測値 D の差が、許容値範囲 ΔD にあるか否かを判定することで、モータ電流検出手段の故障を判定することができる。

【0043】以下、図2によつて、この発明によるモータ電流検出手段の故障の判定、及び検出結果に基づくフェールセーフ処理の構成と動作について説明する。

【0044】イグニッションキー11をONにすると、図示しないタイマ T_M により予め設定された所定時間 T だけ電流指令値 I がフィードバック制御回路に与えられ、モータ電流が流れ始める。このとき、イグニッションキー11のONは I 、G. キーON検出器31により検出され、検出信号は故障検出器32に入力されて故障検出器32は動作を開始する。

【0045】図示しないタイマ T_M により予め設定された所定時間 T_0 ($T_0 < T$) だけ経過した時点で、モータ電流検出器42により検出されたモータ電流値 i がサンプル値として検出され、検出されたモータ電流値 i はフィードバック制御回路の比較器23に入力され、フィードバック制御回路の出力の電流制御値であるPWM信号のデューティ比 D に反映されて、加算器27から出力される。

【0046】故障検出器32は、モータ電流指令値 I が入力され、モータ電流指令値 I に基づいて予測されるP

WM信号のデューティ比の予測値D₁を演算する。また、故障検出器32は、所定時間T₀が経過した時点で、モータ電流の検出値iがフィードバックされたフィードバック制御回路の加算器27から出力されるPWM信号のデューティ比の実測値D₂の差を求め、比較する。

【0047】その結果、D₁とD₂の差の絶対値が所定の許容値ΔDよりも大きい場合、モータ電流検出器42が故障であると判定する。

【0048】モータ電流検出器42が故障であると判定されたときは、フェールセーフ処理器33を作動させ、フェールリレー34をOFFとして接点34aを開き、モータ10への給電を断ち、電動パワーステアリング装置を不動作とする。

【0049】図6はイグニツションキー11のONが検出された後の故障検出器32の制御動作を説明するフローチャートである。まず初期化を行い、タイマT_Mの計時を開始する(ステップP1)。モータ電流指令値Iを設定してモータに電流を流し、PWM信号のデューティ比の予測値D₁を演算し(ステップP2)、タイマT_Mによる所定時間T₀の計時終了を待つ(ステップP3)。所定時間T₀の計時が終了したときは、モータ電流iがフィードバックされたフィードバック制御回路から出力されるPWM信号のデューティ比の実測値D₂を読み込む(ステップP4)。モータ電流指令値Iに基づいて予測されるPWM信号のデューティ比の予測値D₁とPWM信号のデューティ比の実測値D₂の差の絶対値が所定の許容値ΔDよりも大きいかなかを判定し(ステップP5)、差の絶対値が所定の許容値ΔDよりも大きい場合は、モータ電流検出器42が故障であると判定し、フェールセーフ処理を実行して(ステップP6)、処理を終了する。ステップP5の判定で否定的な場合は、故障なしと判定して通常の処理に移る。

【0050】

【発明の効果】以上説明したとおり、この発明の電動パワーステアリング装置の制御装置は、イグニツションキーをONにした直後にモータ電流検出手段の故障を調べるものであり、モータの機械的時定数T_mよりも十分に小さく、電流フィードバック制御系の時定数T_fよりも十分に大きい時間T(T_f<<T<<T_m)だけ、モータ電流指令値Iを設定してモータに電流を流し、モータの角速度ωが零、即ち殆どモータが回転しない状態において、モータ電流指令値Iに基づいて予測されるPWM信号のデューティ比の予測値D₁とPWM信号のデュー

ティ比の実測値D₂とを比較してモータ電流検出手段が故障かなかを判定するものであるから、特別な故障検出のための構成部材を使用することなく故障の検出ができ、電動パワーステアリング装置のモータ電流検出手段の故障による操舵の支障を未然に防止することが可能となる。

【0051】そして、モータに電流を流してモータ電流検出手段の故障を検出するが、イグニツションキーをONにした直後にモータの角速度ωが零、即ち殆どモータが回転しない状態において検出することができるから、操向ハンドルが回転してしまう危険性もない。

【図面の簡単な説明】

【図1】電動式パワーステアリング装置の構成の概略を説明する図。

【図2】この発明の実施例の電子制御回路のブロック図。

【図3】モータ駆動回路の構成の一例を示すブロック図。

【図4】モータ電流iとモータの角速度ωの過渡特性、及びモータ電流iのサンプリング時期を説明する図。

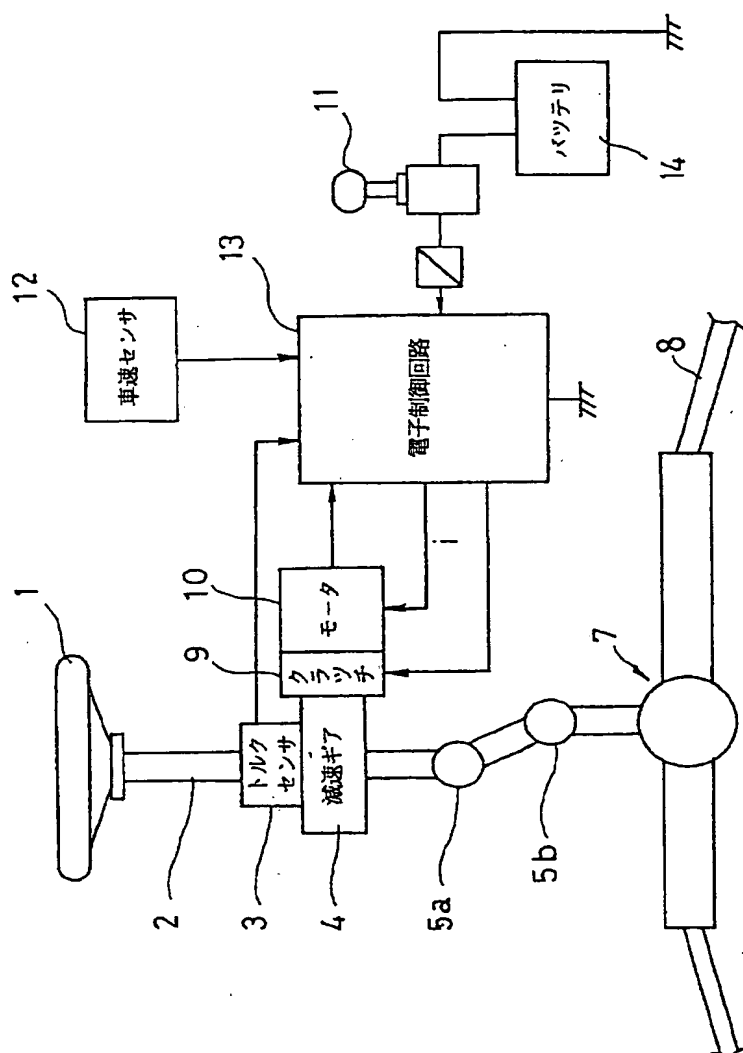
【図5】この発明のフィードバック制御系を説明するブロック線図。

【図6】電子制御回路における制御動作を説明するフローチャート。

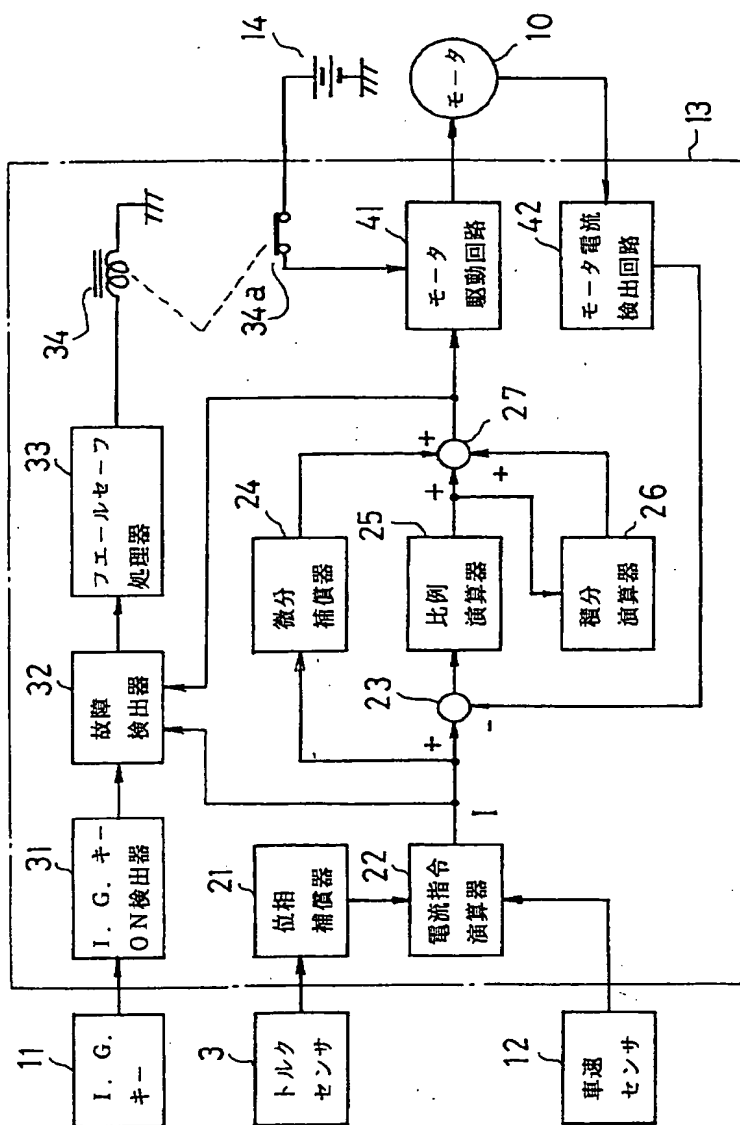
【符号の説明】

- 3 トルクセンサ
- 10 モータ
- 11 イグニツションキー
- 12 車速センサ
- 13 電子制御回路
- 21 位相補償器
- 22 電流指令演算器
- 23 比較器
- 24 微分補償器
- 25 比例演算器
- 26 積分演算器
- 27 加算器
- 31 I. G. キーON検出器
- 32 故障検出器
- 33 フェールセーフ処理器
- 34 フェールリレー
- 41 モータ駆動回路
- 42 モータ電流検出回路

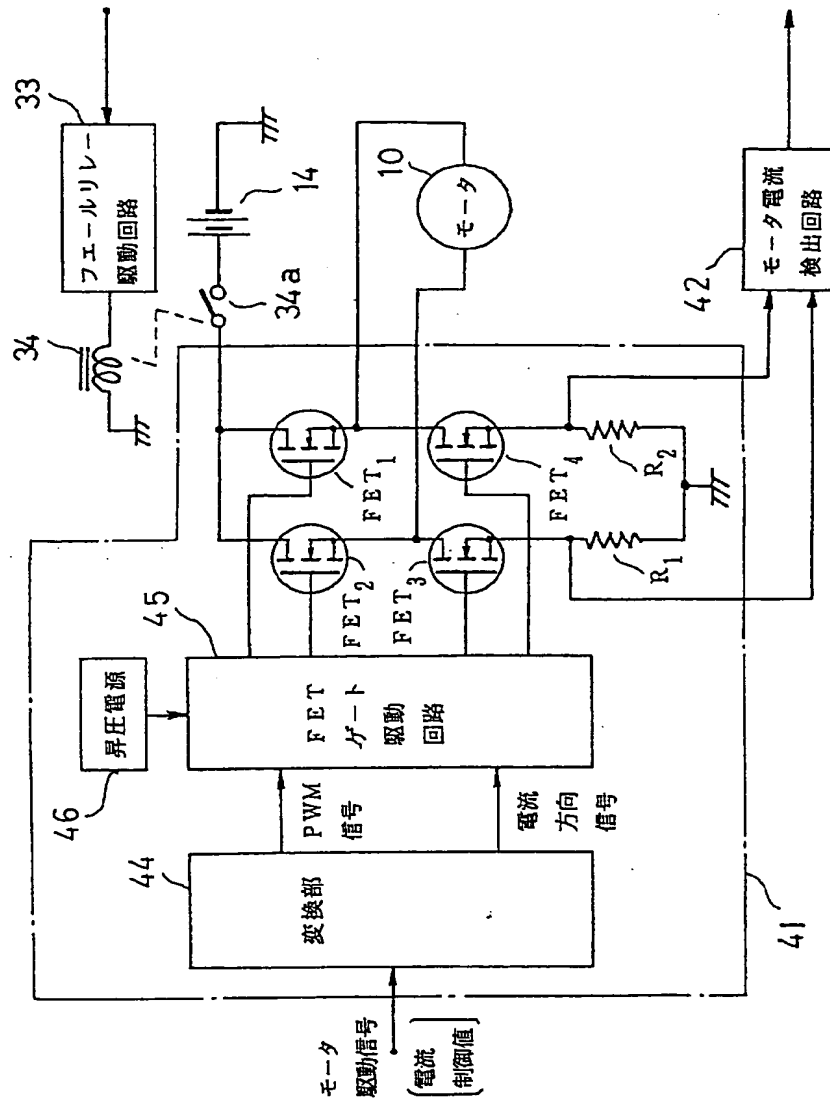
【図1】



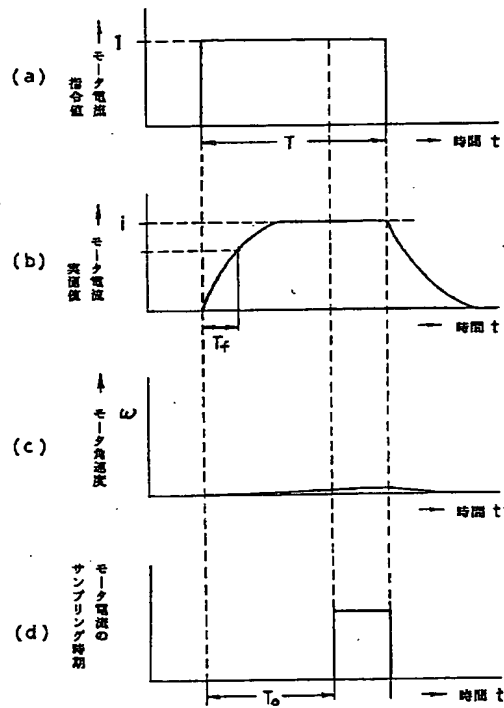
【図2】



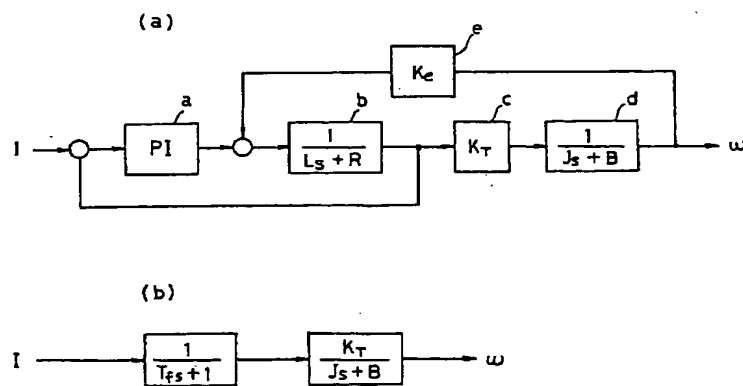
〔図3〕



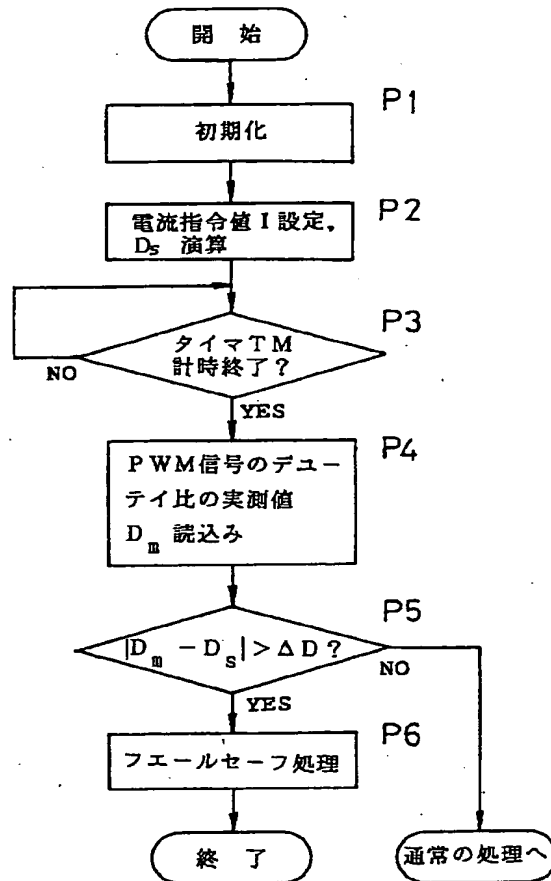
【図4】



【図5】



〔図6〕



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷
B 6 2 D 119:00

識別記号

F I
B 6 2 D 119:00

(72)発明者 小岩井 久賀
群馬県前橋市烏羽町78番地 日本精工株
式会社内

(56)参考文献 特開 平3-213464 (J P, A)
特開 平2-290778 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B名)

B62D 6/00

B62D 5/04